

## Beschreibung

## Verfahren zur Pegeleinstellung für optische Signale

5 Optische Signale werden über Lichtwellenleiter übertragen. Zu  
ihrer Verstärkung werden häufig Faserverstärker verwendet.  
Diese verwenden entweder speziell dotierte Faserstücke oder  
nutzen nichtlineare Effekte auf normalen Übertragungsfasern  
aus, wie der in ntz, Band 43, (1990), Heft1, Seiten 8 bis 13  
10 beschriebene Faser-Raman-Verstärker.

Bei vielen Übertragungseinrichtungen werden auch Dämpfungs-  
glieder eingesetzt, mit denen erforderliche Pegelwerte, bei-  
spielsweise die Eingangspegel von Verstärkern, eingestellt  
15 werden, wie dies beispielsweise in IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY  
LETTERS, Vol. 6.No.4, April 1994, Seiten 509 bis 512 be-  
schrieben ist.

Moderne Übertragungssysteme verwenden das Wellenlängenmulti-  
20 plexverfahren, bei dem mehrere Übertragungskanäle zu einem  
Übertragungsband zusammengefaßt werden, das gemeinsam ver-  
stärkt wird. Durch den Ramaneffekt kommt es zu einer Verkip-  
pung der Signale, die bisher durch nichtlineare Verstärker  
und Filter kompensiert wird. Die Grundlagen der stimulierten  
25 Ramanstreuung, sind in Nonlinear Fiber Optics, Second  
Edition, Govind P. Agrawal, Academic Press, Chapter 8,  
beschrieben.

Die stimulierten Ramanstreuung, SRS, bewirkt, daß die in  
30 "langwelligen" Kanälen übertragenen Signale auf Kosten der in  
"kurzwelligen" Kanälen übertragenen Signale verstärkt werden;  
anders ausgedrückt, den kurzwelligen "blauen" Kanälen wird  
Energie entzogen, sie werden mit abnehmender Wellenlänge  
(zunehmender Frequenz) stärker gedämpft, während dies den  
35 langwelligeren "roten" Kanälen zugute kommt. Je größer die  
Wellenlängen, desto mehr profitieren die entsprechenden

Übertragungskanäle. Entsprechendes gilt für die Spektralanteile von Signalen mit hohen Bitraten.

In den Figuren 1 und 2 ist die Auswirkung des SRS-Effekts dargestellt. Das linke Diagramm zeigt einen von der Wellenlänge unabhängigen konstanten Empfangspegel des blauen Übertragungsbandes (Wellenlängenbereichs)  $\lambda_b$ . Im rechten Diagramm ist der Empfangspegel dargestellt, wenn gleichzeitig ein weiterer "roter" Wellenlängenbereich zur optischen Signalübertragung genutzt wird. Je kleiner die Wellenlänge des blauen Übertragungsbandes, desto stärker ist die Dämpfung.

In Figur 2 sind die Pegelverhältnisse für das "rote" Übertragungsband  $\lambda_r$  dargestellt. Das linke Diagramm zeigt wieder den linearen Pegelverlauf für den Fall, daß nur in diesem Übertragungsband Signale übertragen werden. Erfolgt zusätzlich eine Übertragung im "blauen" Wellenlängenbereich, wird der Pegel mit zunehmender Wellenlänge mehr angehoben. Dies hängt nur wenig davon ab, ob die Signale in den Übertragungsbändern in gleicher oder entgegengesetzter Richtung übertragen werden (co-propagating waves - counter-propagating waves).

In den heute typischen Übertragungssystemen mit zweimal acht Kanälen treten durch den beschriebenen Effekt Zusatzdämpfungen bzw. Verstärkungen in einem Übertragungsabschnitt (ca. 40-80km) zwischen 0,4 bis 0,7 dB auf. Bei Übertragungstrecken mit bis zu 10 oder mehr Übertragungsabschnitten und entsprechend vielen Zwischenverstärkern summieren sich diese Pegeländerung entsprechend auf. Fällt eines der Übertragungsbänder aus, so ändert sich der Signalpegel auch im intakten Übertragungsband sehr schnell. Die automatische Verstärkungsregelung auf der Empfangsseite kann üblicherweise diese Pegelschwankungen nicht schnell genug ausgleichen, so daß Fehlerbursts im Millisekundenbereich die Folgen sind. In diesem Fall ist eine schnelle Wiederherstellung des bisherigen Pegels erforderlich.

Für viele Anwendungszwecke sollen der Pegel und die Verkippung von Signalbändern häufig unabhängig voneinander einstellbar sein.

- 5 Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Verfahren und eine Anordnung zur Einstellung des Pegels und der Verkippung für optische Signale anzugeben.

- 10 Eine weitere Aufgabe besteht daher darin, das Verfahren zur raschen Stabilisierung des Signalpegels im intakten Übertragungsband bei Ausfall des anderen Übertragungsbandes auszubilden und eine geeignete Anordnung anzugeben.

- 15 Ein die Hauptaufgabe lösendes Verfahren ist im Patentanspruch 1 angegeben. In dem unabhängigen Patentanspruch 9 ist eine geeignete Anordnung beschrieben..

- 20 Die weitergehende Ausbildung des Verfahrens zur Stabilisierung ist im Anspruch 14 und eine geeignete mit geringem Aufwand zu realisierende Anordnung in Anspruch 21 beschrieben.

- 25 Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

- 30 Der Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahren ist es, daß der Signalpegel und die Verkippung unabhängig voneinander einstellbar sind. Durch das Verfahren kann das Signal, beispielsweise ein Wellenlängenmultiplexsignal, sowohl verstärkt als auch abgeschwächt werden. Außerdem kann die Verkippung in größeren Bereichen geändert werden, so daß eine gewünschte Entzerrung des Signals erfolgt. Durch Pump Laser werden Pumpsignale mit Wellenlängen oberhalb und/oder unterhalb des Übertragungsbandes eingespeist. Diese Pumpsignale entziehen  
35 dem Signal entweder Energie oder führen ihm Energie zu. Durch Veränderung der Pumpenergie wird das Signal also verstärkt oder gedämpft, wobei gleichzeitig eine Verkippung auftritt.

Durch die geeignete Wahl der Pumplaserwellenlängen können Gewinn/Dämpfung und Verkippung in weiteren Bereichen gesteuert werden.

5

Es ist vorteilhaft, wenn die Pumpenergie am empfangsseitigen Ende eingespeist wird, da dies zu seinem günstigeren Rauschverhältnis führt. Die Verkippung ist abhängig vom Abstand der Wellenlänge des Pumplasers zur (mittleren) Wellenlänge des Signals. Die Anordnung kann vorzugsweise auch nur als Dämpfungsglied ausgeführt werden. Durch die Wahl der Pumpwellenlänge kann der Grad der Verkippung in Abhängigkeit von der Dämpfung bestimmt werden. Ein solches „optisches Dämpfungsglied“ kann auch zur Pegelregelung des empfangsseitigen optischen Signals verwendet werden. Bei einem besonders einfachen auf den jeweiligen Anwendungsfall zugeschnittenen Dämpfungsglied wird nur ein Laser verwendet, wodurch eine gewünschte Abhängigkeit zwischen Dämpfung und Verkippung hergestellt wird.

20

Beim Ausfall eines Übertragungsbandes bleibt der Pegel in dem ungestörten Übertragungsband nahezu konstant, wenn der Pumplaser entweder als Energielieferant oder als Energieabsorber eingesetzt wird, der die Wirkung des ausgefallenen Übertragungsbandes kompensiert. Da die zur Kompensation des ausgefallenen Übertragungsbandes benötigte Leistungsänderung des Pumplasers bekannt ist, wird seine entsprechende Leistung sehr schnell geändert, damit möglichst wenig Übertragungsfehler auftreten. Eine exakte Nachregelung ist im allgemeinen nicht erforderlich, kann jedoch zusätzlich vorgesehen werden.

30

Im allgemeinen ergibt sich ein günstigeres Signal-Geräusch-Verhältnis, wenn der Pumplaser auf der Empfangsseite eingesetzt wird. Hier kann die Steuerung gegebenenfalls auch in den Empfangsverstärker eingreifen, um durch Steuerung seines

35

Übertragungsverhaltens einen optimalen Pegelverlauf zu erreichen.

Um gleichzeitig mit dem Pegel die Verkippung des ungestörten Übertragungsbandes auszugleichen, ist es vorteilhaft, wenn die Frequenz eines im ungestörten Betriebsfall abgeschalteten Pumplasers etwa der Mittenfrequenz des ausgefallenen Übertragungsbandes entspricht.

Für optimale Kompensation des ausgefallenen Übertragungsbandes ist es zweckmäßig, mehrere Pumplaser mit unterschiedlichen Wellenlängen unterhalb und/oder oberhalb der Übertragungsbänder zu verwenden. Eine optimale Kompensation ist bereits mit zwei Pumpsignalen mit unterschiedlichen Wellenlängen möglich. Günstig - jedoch oft nicht zu realisieren - ist auch die Verwendung eines Pumplasers, dessen Frequenz zwischen beiden Wellenlängenbereichen liegt, da die Übertragungsbänder dann gleich behandelt werden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand von Figuren näher erläutert.

Es zeigen:

25

Figur 3 ein Prinzipschaltbild zur Pegeleinstellung eines optischen Signals,

Figur 4 den Pegelverlauf eines optischen Signals in Abhängigkeit von zwei Pumpsignalen und

30 Figur 5 eine Einrichtung zur Pegelregelung.

Figur 6 einen mit einem Pumplaser versehenen Übertragungsabschnitt,

Figur 7 einen Übertragungsabschnitt mit empfangsseitig eingefügtem Pumplaser,

35 Figur 8 einen Übertragungsabschnitt mit einem sendeseitig und einem empfangsseitig eingefügten Pumplaser,

Figur 9 einen Übertragungsabschnitt mit zwei empfangsseitig eingefügten Pumplasern in einem bevorzugtem Ausführungsbeispiel und

5      Figur 10 zwei empfangsseitig eingefügte Pumplaser für bidirektionalen Betrieb.

Figur 3 zeigt einen Übertragungsabschnitt mit einer Sendeeinrichtung S, beispielsweise einem Laser oder einem Verstärker, der ein optisches Signal  $OS_s$  mit einem größeren Wellenlängenbereich  $\lambda_s$  in einen Lichtwellenleiter LW einspeist, und eine  
10      Empfangseinrichtung R, die ebenfalls einen Verstärker aufweist. Bei dem optischen Signal kann es sich beispielsweise um ein digitales Multiplexsignal mit einer größeren Bandbreite oder um ein Wellenlängenmultiplexsignal handeln. Das durch die  
15      Übertragungsstrecke gedämpfte optische Signal (Empfangssignal)  $OS_E$  wird der Empfangseinrichtung R zugeführt.

Empfangsseitig sind zwei Pumplaser PL1 und PL2 angeordnet,  
20      die ein Pumpsignal PS1 mit einer Wellenlänge  $\lambda_B$ , die unterhalb der kleinsten Wellenlänge  $\lambda_{MI}$  des optischen Signals liegt, und ein Pumpsignal PS2 mit einer Wellenlänge  $\lambda_R$ , die oberhalb der größten Wellenlänge  $\lambda_{MA}$  des optischen Signals liegt (Figur 2), über einen Koppler K in den Lichtwellenleiter  
25      einspeist. Das Pumpsignal PS2 schwächt das optische Signal  $OS_E$  ab. Je höher die Leistung des Pumpsignals, desto schwächer wird das optische Signal. Diese Schwächung nimmt mit der Differenz der Wellenlänge des optischen Signals zur Wellenlänge des Pumplasers zu. Das Pumpsignal PS1 erhöht den  
30      Signalpegel wieder, die Verkipfung erfolgt aber in derselben Drehrichtung. Da aber der Abstand zum Frequenzband  $\lambda_s$  bzw. dessen mittlerer bzw. kleinster Wellenlänge  $\lambda_{MI}$  ungleich dem Abstand der Wellenlänge  $\lambda_R$  des zweiten Pumpsignals ist, ergibt sich ein anderer Bezug zwischen Verstärkung und Verkip-  
35      pung. So können unterschiedliche Verkipnungen bei einstellbaren Dämpfungs- oder Verstärkungswerten realisiert werden.

Soll ein Dämpfungsglied realisiert werden, so muß die Wirkung des Pumplasers mit „roter“ Wellenlänge (größer als die maximale Wellenlänge  $\lambda_{MA}$ ) überwiegen. Soll dagegen ein Verstärker realisiert werden, so muß die Wirkung des „blauen“ Pumplasers mit „blauer“ Wellenlänge (kleiner als die minimale Wellenlänge  $\lambda_{MI}$ ) überwiegen.

Bei einer vereinfachten Ausführungsform eines Dämpfungsgliedes, bei der jedoch eine unabhängige Einstellung von Verkippung und Pegel nicht mehr möglich ist, wird nur ein „roter“ Pumplaser verwendet.

Darüber hinaus können Verstärker auch mit mindestens zwei „blauen“ Pumplasern realisiert werden, die unterschiedliche Verkippungen bei gleichen Verstärkungen ermöglichen. Ebenso können Dämpfungsglieder mit mindestens zwei „roten“ Pumplasern realisiert werden, die unterschiedliche Verkippungen bei gleichen Dämpfungswerten ermöglichen.

In Figur 4 zeigt die Wirkung zweier Pumplaser. Der obere übergestrichelt aufgezeichnete Pegelverlauf (P - Pegel,  $\lambda$  - Wellenlänge) des optischen Empfangssignals  $OS_{E1}$  weist zunächst bei kleinen Wellenlängen einen größeren und bei großen Wellenlängen einen kleinen Pegel auf. Dieser Verlauf, der den auf der Übertragungsstrecke wirksamen Raman-Effekt überkompensiert, wird durch sendeseitige oder empfangsseitige Filter oder Verstärker erzielt.

Sobald aber der Pumplaser PL2 eingeschaltet wird, kommt es zur Abschwächung des empfangenen Signals  $OS_{E2}$ , wobei die kurzwelligeren (höherfrequenten) Signale stärker abgeschwächt werden. Wird der Pumplaser PL1 aktiv, so wird der Pegel wieder angehoben, die Verkippung des Empfangssignals  $OS_E$  verstärkt sich jedoch nochmals und es wird ein linearer Pegelverlauf erzielt.

Da die Abstände der Wellenlängen der Pumplaser zum Empfangssignal unterschiedlich sind, können Verkippung und Pegel in bestimmten Bereichen unabhängig voneinander eingestellt werden. Wenn die Wellenlängen beider Pumplaser größer als die maximale Wellenlänge des Empfangssignals sind, kann die Dämpfung in einem größeren Bereich und unabhängig von der Verkippung eingestellt werden. Entsprechendes gilt für blaue Pumplaser.

10 In Figur 5 zeigt einen Pumplaser PL als Teil einer empfangsseitig angeordneten Regelschaltung. Ein Teil des optischen Empfangssignals  $OS_E$  wird als Meßsignal über einen Meßkoppler K2 ausgekoppelt und einer Steuerung ST zugeführt, die die Amplitude des optischen Empfangssignals durch  
15 Steuerung des Pumplasers, der sein Pumpsignal über einen Koppler K1 (als Koppler wird hier jede Einrichtung verstanden, die das Einspeisen eines Signals ermöglicht) in den Lichtwellenleiter einspeist, konstant hält. Die Steuerung kann zusätzlich in den Empfangsteil eingreifen und nach einem  
20 vorgegebenen Schema den Pumplaser und die Verstärkung bzw. Gewinnverkippung steuern. Anstelle einer Steuerung kann auch eine Regelschaltung oder die Kombination einer Steuerung und einer Regelung eingesetzt werden.

25 Figur 6 zeigt einen Streckenabschnitt mit einer Sendeeinrichtung S, beispielsweise einem sendeseitigen Verstärker, der ein optisches Signal OS in einen Lichtwellenleiter LW einspeist, einen Lichtwellenleiter LW und eine Empfangseinrichtung R. /Das optische Signal besteht aus beispielsweise zwei-/  
30 mal acht Kanälen, die in einem blauen Übertragungsband  $\lambda_B$  (1535 bis 1547 nm) und einem roten Übertragungsband  $\lambda_R$  (1550 bis 1562 nm) ausgesendet werden. Auf der Sendeseite - oder auch am Anfang eines beliebigen Streckenabschnitts zwischen den dargestellten Verstärkern - ist ein erster Pumplaser PL1  
35 vorgesehen, der ein Pumpsignal PS mit konstanter Wellenlänge  $\lambda_{L1}$  über einen optischen Koppler K2 (als Koppler wird stets jede Einrichtung verstanden, die das Einspeisen eines Signals



ermöglicht) in die Faser des Lichtwellenleiters LW schickt. Dies kann sowohl ein langwelliger "roter" Pumplaser sein, dessen Wellenlänge oberhalb der Wellenlänge des "roten" Übertragungsbandes bei ca. 1600 (bis ca. 1630 nm) liegt, als  
5 auch ein kurzwelliger "blauer" Pumplaser mit einer Wellenlänge bei 1480 nm (bis ca. 1440 nm).

Die Pumplaser können (zusammen mit geeigneten Filtern oder Verstärkern) sowohl im ungestörten Betrieb zur Kompensation  
10 des Ramaneffektes oder sonstiger Nichtlinearitäten als auch bei Ausfall eines Übertragungsbandes zur Kompensation der durch den Ramaneffekt hervorgerufenen Pegeländerung verwendet werden.

15 Geht man davon aus, daß bei ungestörtem Betrieb der Pumplaser aktiv ist, so ist (in der Regel) seine Leistung geringer als die Signalleistung. Wird ein langwelliger Pumplaser verwendet und fällt das rote Band aus, so muß die Pumpleistung erhöht werden, um dem blauen Übertragungsband mehr Energie zu ent-  
20 ziehen. Fällt dagegen das blaue Band aus, so muß die Leistung des Pumplasers erniedrigt werden, damit dem "roten" Übertragungsband weniger Energie entzogen wird.

Bei einem kurzwelligen "blauen" Pumplaser liegen die Verhält-  
25 nisse genau umgekehrt. Fällt das rote Band aus, so muß die Leistung erniedrigt werden, da dem blauen Übertragungsband bereits weniger Energie entzogen wird. Fällt dagegen das blaue Übertragungsband aus, so muß die Leistung des Pump-  
lasers erhöht werden, um dem roten Übertragungsband die glei-  
30 che Energie wie bisher zuzuführen.

Eine geeignete Steuerung ST muß, um den Ausfall des Übertra-  
gungsbandes oder auch einzelner Kanäle festzustellen, zu-  
nächst die Signalpegel beider Übertragungsbänder separat mes-  
35 sen. Hierzu werden die übertragenen Signale über einen Meß-  
koppler K1 und geeignete optische Filter FI1, FI2 Meßeinrich-  
tungen ME zugeführt. Die Werte der gemessenen Signalpegel,

beispielsweise der Summenpegel, werden einer Steuereinrichtung SE zugeführt, die die Leistung des Pumposzillators entsprechend der Änderung nachsteuert.

- 5 Der Pumplaser, der erst im Störfall Pumpleistung einkoppelt, kann auch auf der mittleren Frequenz des ausgefallenen Übertragungsbandes arbeiten, um eine optimale Kompensation zu ermöglichen.
- 10 Der Pumplaser kann bei Verwendung einer geeigneten Meßeinrichtung auch zur Korrektur von Pegel und Verkipfung eines beliebigen Signals verwendet werden.

15 In Figur 7 ist auf der Empfangsseite ein Pumplaser PL2 mit zugehörigem Koppler K3 und eine Steuerung ST mit zugehörigem Koppler K4 angeordnet. Die empfangsseitige Anordnung ist wegen des günstigeren Rauschverhalten vorzuziehen. Die Steuerung ST kann außerdem in Verstärkerstufen V und ein Dämpfungsglied D des Empfangsteils R eingreifen und die  
20 gesamte Verstärkung/Dämpfung sowie die Verkipfung optimieren.

In Figur 8 ist ein Streckenabschnitt dargestellt, in den sendeseitig - dies kann ein beliebiger Punkt zwischen Sendeeinrichtung S und Empfangseinrichtung R sein - ein  
25 erster Pumplaser PL1 und empfangsseitig ein zweiter Pumplaser PL2 Pumpsignale mit der gleichen Wellenlänge  $\lambda_{L1}$  über Koppler K2 bzw. K3 einspeisen. Hierdurch können schwächere Pumplaser verwendet werden. Durch den sendeseitigen Laser erfolgt auch eine schnellere Reaktion auf das ausgefallene  
30 Signal/Übertragungsband. Ebenso können Pumplaser mit unterschiedlichen Wellenlängen verwendet werden, um eine bessere Kompensation für das ausgefallene Signal zu erhalten.

35 In dieser und in den weiteren Figuren wird auf die Darstellung von Einzelheiten wie der Steuerung und der Messkoppler verzichtet.

In Figur 9 erfolgt die Einspeisung von Pumpsignalen PS2, PS3 mit verschiedenen Wellenlängen  $\lambda_{L2}$ ,  $\lambda_{L3}$  durch zwei empfangsseitig angeordneten Pumplaser PL2, PL3 über einen entsprechenden Koppler K5. Hierdurch können die Leistungen der Laser  
5 kleiner sein können. Durch eine Kombination eines geeigneten roten und eines blauen Pumplasers kann sowohl die Verkipfung als auch die Pegeländerung optimal korrigiert werden. Prinzipiell kann eine bessere Kompensation auch durch zwei rote oder zwei blaue Pumplaser mit unterschiedlichen Pumpfrequen-  
10 zen erreicht werden.

Pumpsignale mit den entsprechenden Wellenlängen können zusätzlich sendeseitig in einer entsprechenden Kompensationseinheit KE eingespeist werden. Dann ist es beispielsweise  
15 auch möglich, die sendeseitige Kompensationseinheit mit einer Steuerung und die empfangsseitigen Pumplaser mit einer Regelung auszustatten.

Natürlich können prinzipiell auch mehr als zwei Pumplaser  
20 verwendet werden. Ebenso kann das Verfahren auch bei mehr als zwei Übertragungsbändern angewendet werden.

Figur 10 zeigt einen Übertragungsabschnitt für bidirektionalen Betrieb. Die Signale für unterschiedliche  
25 Übertragungsrichtungen werden durch Weichen W getrennt. Zwei Pumplaser PL2 und PL3 (oder auch jeweils zwei) speisen an beiden Enden des Übertragungsabschnittes Pumpsignale PS2 und PS3 ein, um für jedes empfangene Signal - auch bei Ausfall eines Signals - eine optimale Kompensation zu erzielen.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Pegeleinstellung eines über einen Lichtwellenleiter (LW) übertragenen optischen Signals ( $OS_E$ ),  
5 dadurch gekennzeichnet,  
daß mindestens zwei Pumpsignale (PS1, PS2) mit unterschiedlichen Wellenlängen ( $\lambda_B, \lambda_R$ ) in den Lichtwellenleiter (LW) eingespeist werden.
- 10 2. Verfahren zur Pegeleinstellung eines über einen Lichtwellenleiter übertragenen optischen Signals ( $OS_E$ ),  
dadurch gekennzeichnet,  
daß ein Pumpsignal (PS) eingespeist wird, dessen Wellenlänge ( $\lambda_R$ ) größer als die maximale Wellenlänge ( $\lambda_{SMA}$ ) des optischen  
15 Signals ( $OS_E$ ) ist.
3. Verfahren nach Anspruch 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Wellenlänge ( $\lambda_R$ ) des Pumpsignals (PS) so gewählt ist,  
20 daß eine gewünschte Verkippung bei einer vorgegebenen Änderung der Verstärkung auftritt.
4. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
25 daß mindestens zwei Pumpsignale (PS1, PS2) eingespeist werden, deren unterschiedliche Wellenlängen ( $\lambda_R, \dots$ ) größer als die maximale Wellenlänge ( $\lambda_{SMA}$ ) des optischen Signals ( $OS_E$ ) sind.
- 30 5. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß ein ersten Pumpsignal (PS1) mit einer Wellenlänge ( $\lambda_B$ ) kleiner als die minimale Wellenlänge ( $\lambda_{MI}$ ) des optischen  
Signals (OS) eingespeist wird  
35 und daß ein zweites Pumpsignal (PS2) mit einer Wellenlänge ( $\lambda_R$ ) größer als die maximale Wellenlänge ( $\lambda_{MA}$ ) des optischen

Signals (OS) eingespeist wird, das einen anderen Abstand zur mittleren Wellenlänge des optischen Signals (OS) aufweist.

5 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Pumpsignale (PS1, PS2) am empfangsseitigen Ende eines Übertragungsabschnitts (S, LW, R) eingespeist werden.

10 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Pumpleistung der Pumplaser (PL1, PL2) individuell einstellbar ist.

15 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Amplitude eines empfangenen optischen Signals ( $OS_E$ ) durch Einstellung der Pumpleistung konstant gehalten wird.

20 9. Anordnung zur Pegeleinstellung eines über einen Lichtwellenleiter (LW) übertragenen optischen Signals ( $OS_E$ ),  
dadurch gekennzeichnet,  
daß mindestens zwei Pumplaser (PL1, PL2) vorgesehen sind, die über mindestens einen optischen Koppler (K1) in den Lichtwellenleiter (LW) Pumpsignale (PS1, PS2) einspeisen.

25 10. Anordnung zur Pegeleinstellung eines über einen Lichtwellenleiter (LW) übertragenen optischen Signals ( $OS_E$ ),  
dadurch gekennzeichnet,  
daß ein Pumplaser (PL) vorgesehen ist, der über einen optischen Koppler (K1) in den Lichtwellenleiter (LW) ein Pumpsignal (PS) einspeist, dessen Wellenlänge ( $\lambda_R$ ) größer als die Wellenlänge des optischen Signals ( $OS_E$ ) ist.

35 11. Anordnung nach Anspruch 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß mindestens einer der Pumplaser (PL) am empfangsseitigen Ende eines Übertragungsabschnitts (S, LW, R) angeordnet ist.

*Bezeichnung*

12. Anordnung nach Anspruch 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß eine Steuerung (ST) oder Regelung vorgesehen ist, die die  
5 Amplitude und/oder Verkipfung des optischen Signals ( $OS_E$ )  
einstellt bzw. regelt.

13. Anordnung nach Anspruch 10 oder 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
10 daß eine Steuerung (ST) vorgesehen ist, die die Verstärkung  
und/oder Verkipfung eines zugehörnden optischen Verstärkers  
(V) einstellt.

14. Verfahren zum Korrigieren des Signalpegels mindestens  
15 eines von mehreren Übertragungsbändern ( $\lambda_B$ ,  $\lambda_R$ ) bei der  
optischen Signalübertragung über einen Lichtwellenleiter  
(LW),  
dadurch gekennzeichnet,  
daß mindestens ein Pumpsignal (PS1) in den Lichtwellenleiter  
20 (LW) eines Übertragungsabschnitts (S, LW, R) eingespeist  
wird,  
daß die Signalpegel in den Übertragungsbändern ( $\lambda_B$ ,  $\lambda_R$ ) ge-  
messen werden und  
daß bei einer Änderung mindestens eines der Signalpegel der  
25 Pumplaser (PL1) so nachgesteuert wird, daß der Signalpegel  
( $P_R$ ) des ungestörten Übertragungsbandes ( $\lambda_R$ ) auf dem emp-  
fangsseitigen Ende des Übertragungsabschnittes (S, LW, R) zu-  
mindest nahezu konstant bleibt.

30 15. Verfahren nach Anspruch 1 oder 14,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß mindestens zwei Pumplaser (PL2, PL3) Pumpsignale (PS2,  
PS3) mit unterschiedlichen Pumpwellenlängen ( $\lambda_{L2}$ ,  $\lambda_{L3}$ ) ein-  
speisen.

35

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15,  
dadurch gekennzeichnet,

daß mindestens jeweils ein Pumpsignal (PS1, PS2) sendeseitig und empfangsseitig eingespeist wird.

17. Verfahren nach Anspruch 1 oder 14,  
5 dadurch gekennzeichnet,  
daß bei bidirektionaler Übertragung Pumpsignale (PS1, PS2) an beiden Enden des Übertragungsabschnittes (S, LW, R) eingespeist werden.

10 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Pumpwellenlänge ( $\lambda_{L1}$ ,  $\lambda_{L2}$ ) eines zur Kompensation eines ausgefallenen Übertragungsbandes verwendeten Pumplasers (PL1, PL2) etwa dessen mittlerer Wellenlänge entspricht.

15 19. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 18,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß im ungestörten Betriebsfall die Verkipfung der Übertragungsbänder empfangsseitig minimiert wird und eine Störung  
20 eines Übertragungsbandes durch mindestens zwei Pumplaser (PL1, PL2; PL2, PL3) mit unterschiedlichen Wellenlängen ( $\lambda_{L1}$ ,  $\lambda_{L2}$ ,  $\lambda_{L3}$ ) kompensiert wird.

25 20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 14 bis 19,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß langsame Änderungen des Signalpegels und der Verkipfung ausgeregelt werden.

30 21. Anordnung zum Korrigieren des Signalpegels mindestens eines von mehreren Übertragungsbändern ( $\lambda_B$ ,  $\lambda_R$ ) bei der optischen Signalübertragung über einen Lichtwellenleiter (LW),  
dadurch gekennzeichnet,  
daß in einen Übertragungsabschnitt (S, LW, R) mindestens ein  
35 Pumplaser (PL1, PL2) eingefügt ist,  
daß eine Steuerung (ST) vorgesehen ist, die die in den Übertragungsbändern ( $\lambda_B$ ,  $\lambda_R$ ) übertragenen Signalpegel separat

mißt und bei einer Änderung mindestens eines der Signalpegel den Pumplaser (PL1, PL2) so nachsteuert, daß der Pegel (PR) und die Verkipfung im ungestörten Übertragungsband ( $\lambda_R$ ) empfangsseitig etwa konstant bleibt.

5

22. Anordnung nach Anspruch 21,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Steuerung (ST) zusätzlich den Verstärker (V, D, V) des Sendeteils (S) und/oder des Empfangsteils (R) steuert.

10

23. Anspruch nach einem der Anspruch 21 oder 22,  
dadurch gekennzeichnet,  
daß die Steuerung (ST) eine zusätzliche Regelkomponente aufweist, die langsame Änderungen des Signalpegels ausregelt.

15



## Zusammenfassung

## Verfahren zur Pegeleinstellung für optische Signale

- 5 In einen Übertragungsabschnitt (SLWR) wird über einen Koppler (K1) von einem Pumplaser Pumpenergie mit einer Wellenlänge ( $\lambda_p$ ) eingespeist, die unter der Wellenlänge ( $\lambda_s$ ) des optischen Signals (OS) liegt. Mit zunehmender Pumpleistung wird das optische Empfangssignal ( $OS_E$ ) abgeschwächt, wobei Signale  
10 mit höheren Frequenzen stärker gedämpft werden.

Figur 3

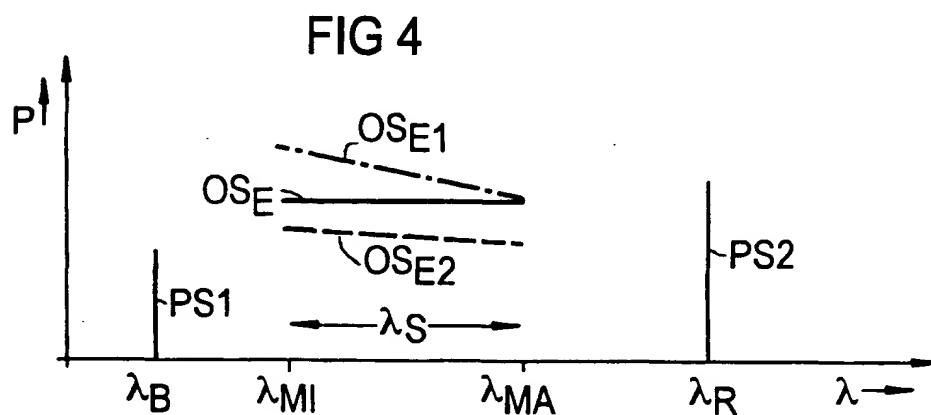
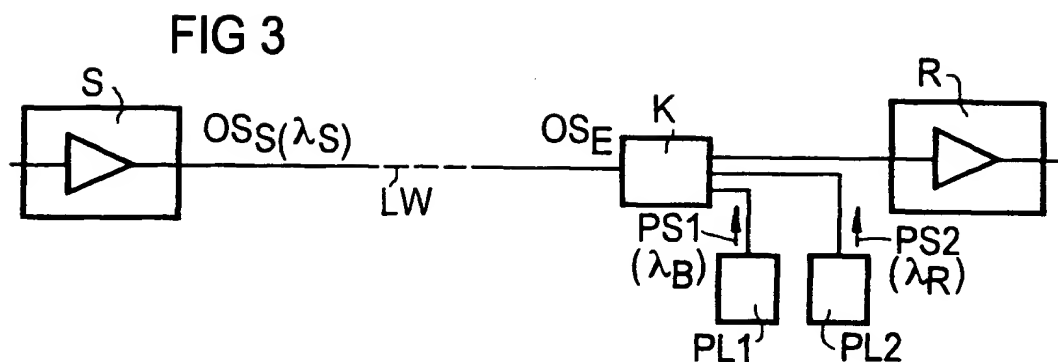
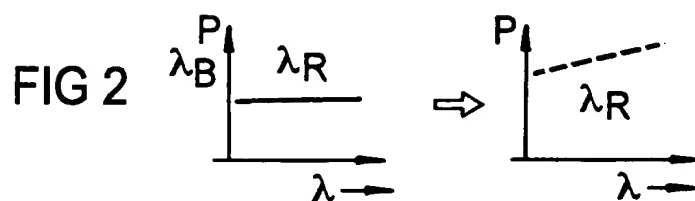
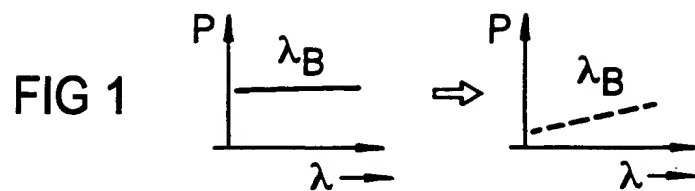


FIG 5

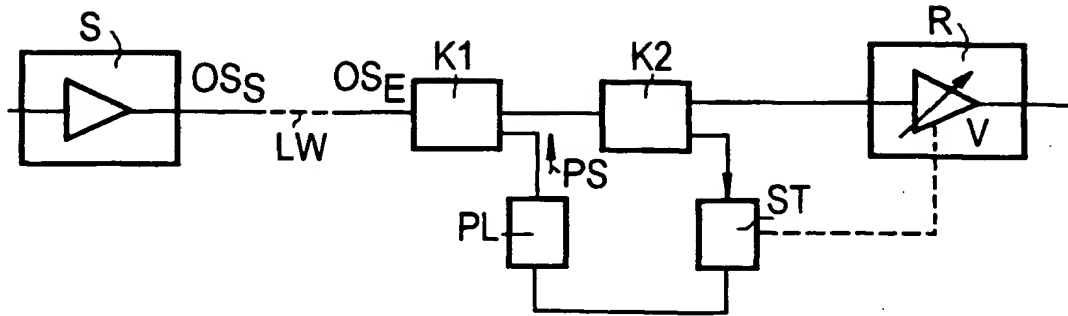


FIG 6

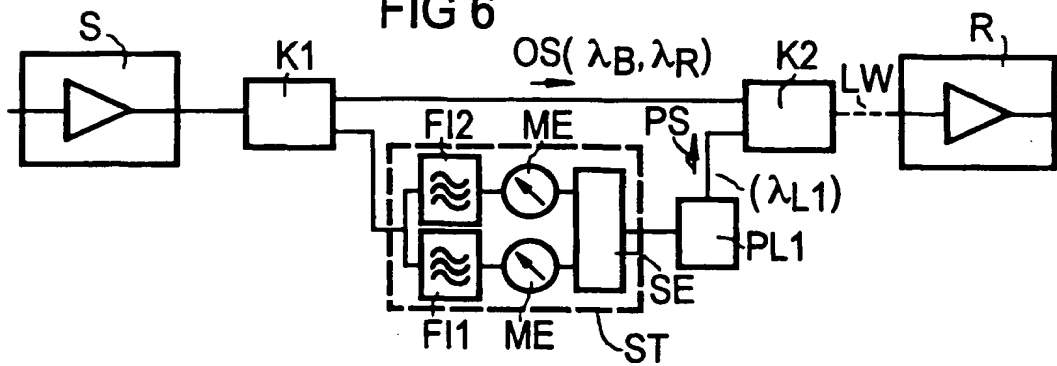


FIG 7

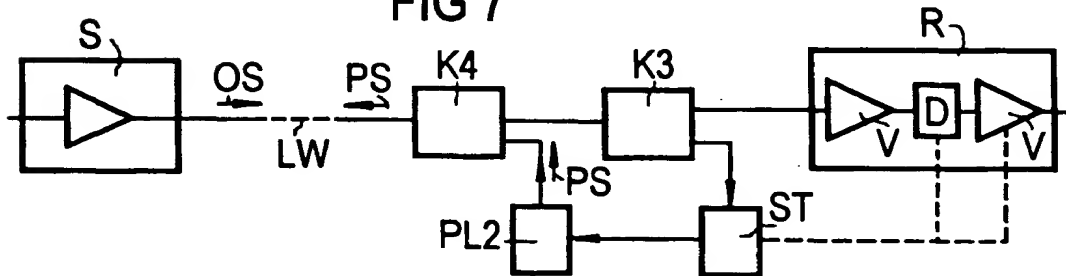


FIG 8

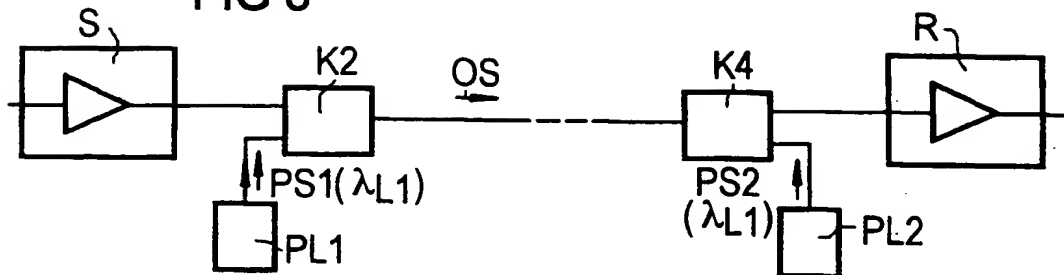


FIG 9

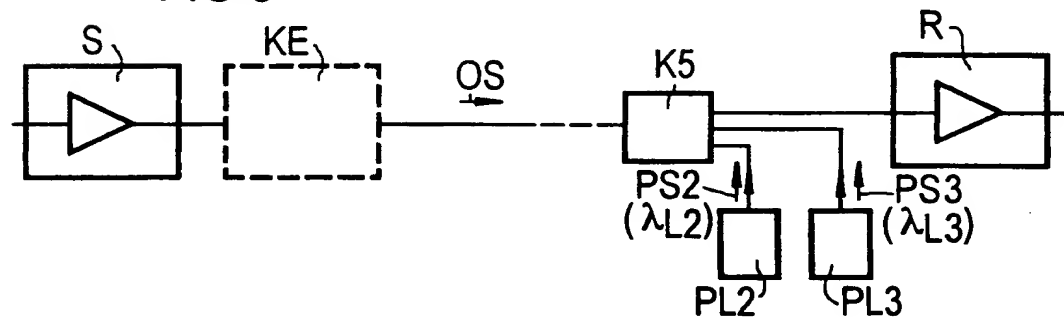


FIG 10

